

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

**Ing. Marie Oprchalová**

**PROBLEMATIKA NAKLÁDÁNÍ S DEŠŤOVÝMI  
VODAMI Z KOMUNIKACÍ**

**PROBLEMS OF DISPOSAL WITH RAINWATER FROM A  
COMMUNICATION**

Zkrácená verze Ph.D. Thesis

Vědní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Školitel: prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Oponenti: .....

.....

.....

.....

Datum obhajoby: .....



**Klíčová slova**

Odlučovač lehkých kapalin, dešťové vody, zaolejované vody, separace ropných látek

**Keywords**

Separator systems for light liquids, rainwater, oily water, separator of oil substances

**Místo uložení práce**

Knihovnické informační centrum, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 331/95, Brno

# OBSAH

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
<b>2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE .....</b>	<b>6</b>
<b>3 ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY VLIVEM DOPRAVY .....</b>	<b>7</b>
3.1 Lehké kapaliny.....	7
3.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky .....	7
3.3 Těžké kovy.....	8
3.4 Chloridy .....	8
<b>4 MOŽNOSTI MINIMALIZACE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK.....</b>	<b>9</b>
4.1 Odlučovače lehkých kapalin.....	9
4.2 Dešťová usazovací nádrž (sedimentační nádrž) .....	13
4.3 Jednouúčelové speciální objekty (např. rozdělovací objekty) .....	14
4.4 Retenční filtrační nádrž .....	14
4.5 Kombinace objektů.....	14
<b>5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI ODLUČOVAČE LEHKÝCH KAPALIN.....</b>	<b>16</b>
5.1 Metodika .....	16
5.2 Provedení testů.....	18
<b>6 VÝZNAM DISERTAČNÍ PRÁCE PRO PRAXI A ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU.....</b>	<b>23</b>
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>24</b>
<b>8 SUMMARY .....</b>	<b>25</b>
<b>9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>26</b>
<b>10 PŘÍLOHY.....</b>	<b>28</b>
10.1 Seznam publikovaných prací.....	28
10.2 Životopis .....	29
<b>11 ABSTRACT.....</b>	<b>30</b>



# 1 ÚVOD

Působením člověka neustále dochází ke snižování kvality povrchových a podzemních vod. Jedním z negativních faktorů ovlivňujícím právě jejich kvalitu jsou nejrůznější druhy dopravy. Znečištění silniční dopravou může mít charakter náhodný, v podobě havárií automobilů, kdy dochází k úniku pohonných hmot, motorových olejů, provozních kapalin a dalších škodlivin, ale také dlouhodobým vlivem výfukových plynů, obrusů pneumatik a svrchní konstrukce vozovky a úkapů pohonných hmot.

Znečištění povrchových vod je způsobeno splachy srážkových vod z povrchu komunikací s vysokou intenzitou dopravy, zejména dálnic a rychlostních komunikací. V povrchovém odtoku byla identifikována celá řada škodlivin, včetně kovových prvků a suspendovaných pevných látek vznikajících při dopravním provozu, zejména obrušováním povrchu vozovek a pneumatik.

Škodliviny mohou rovněž pocházet z materiálů používaných k údržbě silnic, ploch odpočívadel a parkovišť, zejména v zimním období, kdy může být kontaminace spojena s aplikací rozmrazovacích prostředků a nemrznoucích směsí.

Další významné riziko možné kontaminace životního prostředí představují čerpací stanice, v jejichž blízkosti a na přilehlých parkovištích byly stanoveny nejvyšší koncentrace PAU. Silniční komunikace jsou podle řady studií rovněž hlavním zdrojem chloridů, které neodtékají vodním tokem, ale převážně se vsakují do půdního a horninového prostředí, kde za vhodných podmínek může docházet k jejich akumulaci a následnému postupnému vymývání. (*Adamec a kol., 2008*)

Srážkové povrchové vody, které nejsou odpadními vodami, ale u kterých může existovat riziko kontaminace ropnými látkami se před zaústěním do stoky pro veřejnou potřebu nebo do vod povrchových doporučují odvádět přes objekt havarijního zabezpečení. (*ČSN 75 6551, 2008*)

Česká republika má závazky vyplývající z přístupové smlouvy k EU a splnění těchto závazků závisí i na vyřešení některých druhů znečištění z povrchových vod, přičemž právě vody odtékající z komunikací patří k těm zdrojům znečištění, které nelze opomenout. Legislativně se problematikou zabývá Rámcová směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES (WFD), ze které vyplývají pro členské státy důležité požadavky na dobrý a ekologický stav vodních útvarů, snižování a zastavení úniků nebezpečných látek do vodního prostředí.

Znečišťující látky obsažené v dešťových vodách z dopravy:

- lehké kapaliny;
- polycyklické aromatické uhlovodíky;
- těžké kovy;
- chloridy.

## 2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Zpracovávané téma: „Problematika nakládání s dešťovými vodami z komunikací“ je velice obsáhlé. Nezabývá se tedy stejnou podrobností vůči všem typům opatření, ale zkoumá pouze technologické varianty jednoho způsobu řešení a to předčištění znečištěných povrchových vod z dopravy, prostřednictvím různých koalescenčních systémů na mechanickém odlučovači lehkých kapalin.

U legislativních požadavků na vypouštění vyčištěných vod s obsahem uhlovodíků  $C_{10}$ - $C_{40}$  do recipientu je nutné respektovat zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění a navazující prováděcí předpisy a zvláště nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů. Jako imisní standard přípustného znečištění povrchových vod v ukazateli  $C_{10}$ - $C_{40}$  je stanovena hodnota 0,1 mg/l.

Předpisy implementují také přístupové smlouvy k EU, kde jedním z hlavních úkolů je zamezení zhoršení stavu povrchových a podzemních vod a zlepšení stavu vodních ekosystémů. Prevence je zaměřena na omezování znečištění zejména u jejich zdrojů.

Ke splnění legislativně požadovaných hodnot na kvalitu vypouštěných vod se k separaci volných lehkých kapalin u zdrojů znečištění pro svou jednoduchost, cenovou dostupnost a nenáročnou obsluhu výhodně používají zejména mechanické odlučovače lehkých kapalin s koalescenčním filtrem. Návrh technického řešení OLK, včetně doplnění o sorpční stupeň, pak závisí na konkrétních podmínkách v území, např. na velikosti odvodňované plochy, klimatických poměrech, velikosti návrhového deště, na druhu a vlastnostech kontaminujících ropných látek, na charakteru recipientu, na požadavku jakosti vyčištěných vod a na úrovni znečištění vstupních vod (ČSN 75 6551, 2008). Je nutno rovněž počítat s konkrétními postoji vodoprávních úřadů, správců vodních toků a ČIŽP.

Předmětem této práce bylo testování možnosti zvýšení účinnosti mechanického OLK pomocí různých typů vestaveb. Cílem bylo zjistit účinnost této konvenční technologie, která je energeticky a technicky nenáročná a její využitelnost pro předčištění (předúpravu) před případným dalším stupněm čištění.

Závěry se vztahují na kontaminaci především oleji, tedy řetězci o vyšším počtu C v molekule. Využitelné jsou i pro kontaminaci naftou a benziny s nižším počtem C v molekule jako prvního stupně separace lehkých kapalin s tím, že vyšší rozpustnost těchto ropných látek, které mohou být metodikou analýzy  $C_{10}$ - $C_{40}$  identifikovány, vyžaduje pro dosažení v řadě případů požadované kvality odtoku OLK další stupně čištění.

### 3 ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY VLIVEM DOPRAVY

#### 3.1 LEHKÉ KAPALINY

Lehké kapaliny jsou definovány v ČSN EN 858-1 „Odlučovače lehkých kapalin“ jako kapaliny s hustotou do  $0,95 \text{ g.cm}^3$ , které jsou nerozpustné a nezmýdelnitelné, např. motorový benzín, motorová nafta, topný olej a jiné oleje minerálního původu, avšak s vyloučením (mazacího) tuku a olejů rostlinného a živočišného původu.

Protože uhlovodíky ve vodách nemusí být vždy ropného původu, ale mohou být i původu přírodního (mohou vznikat biologickými pochody), upustilo se od pojmu „stanovení ropných látek“ a hovoří se o stanovení nepolárních extrahovatelných látek (NEL).

Hlavním zdrojem uhlovodíků jsou produkty získané z ropy: benzíny, petrolej, motorová nafta, topné mazací oleje, mazut a asphalt. Směsi uhlovodíků jsou asi od  $C_4$ - $C_{12}$  benziny, asi od  $C_{12}$ - $C_{18}$  petroleje, asi od  $C_{16}$ - $C_{24}$  topné oleje a od  $C_{24}$ - $C_{40}$  mazací oleje. Samostatnou skupinu tvoří polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). (Pitter, 1999)

Uhlovodíky se vyskytují především:

- v odtocích srážkových vod z otevřených ploch zařízení a provozů, které mají spojitost s automobily (např. z velkých parkovišť, umývacích míst, dílen, šrotišť a podobně)
- v odpadních vodách z čištění, údržby a oprav automobilů a jiných strojů
- v odpadních vodách z obrábění a zpracování kovů (například řezací olejové emulze a odmašťovací roztoky) (Plotěný, 2004)

#### 3.2 POLYCYKlickÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY

Původ PAU je především ze spalování fosilních paliv. Typicky se tyto látky uvolňují při nedokonalém spalovacím procesu. Do prostředí se tedy dostávají zejména při výrobě energie, spalování odpadů, ze silniční dopravy např. motorová nafta, opotřebování asphaltových vozovek a pneumatik, výrobky z černouhelného dehtu, asphalt a materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic.

Pro svou schopnost dlouhodobě přetrvávat v životním prostředí a zdravotní závažnost (projevují toxické, karcinogenní a mutagenní vlastnosti) jsou považovány za typické představitele perzistentních organických polutantů (POPs – jsou to látky, které se do životního prostředí dostávají pouze vlivem lidské činnosti, a to buď úmyslně nebo jako únik z antropogenních aktivit (výroba, transport, doprava, chemické havárie)). (Pavlíková a kol., 2007)



### 3.3 TĚŽKÉ KOVY

Znečištění způsobené provozem dopravních prostředků zahrnuje i některé těžké kovy. Opotřebováním pneumatik se uvolňuje zinek a uhlovodíky. Při korozi vozidel se uvolňuje železo, chrom, olovo a zinek. Další znečištění zahrnuje částice kovu, zejména měď a nikl, vznikající opotřebováním spojky a brzdového obložení. (*Krejčí a kol., 2002*)

Kovy jsou zpravidla prvky, a proto se nemohou rozložit nebo zmizet. Mohou se však slučovat s jinými látkami, a tak získávat jiné vlastnosti a mít různý vliv na životní prostředí.

Těžké kovy jako např. Cd, Zn, Pb, Cu a Fe se nacházejí jak v rozpuštěných, tak i v nerozpuštěných formách, což je ovlivněno různými fyzikálními, chemickými a biologickými interakcemi. Koncentrace partikulárně vázaných kovů jsou významnější oproti rozpuštěné fázi. Hlavními složkami s komunikací splachovaných pevných částic jsou železo a hliník. (*Beránková a kol., 2008*)

Např. olovo, jeho stále významným antropogenním zdrojem jsou výfukové plyny motorových vozidel. Olovo se hromadí na vegetaci v okolí komunikací a dostává se do atmosférických vod a odtud i do vod povrchových a podzemních. (*Pitter, 1999*)

### 3.4 CHLORIDY

Při zajišťování sjízdnosti komunikace během zimního období se používají obecně dva základní druhy posypových materiálů:

- chemické rozmrazovací materiály – to jsou látky, které svými vlastnostmi způsobují fyzikálně chemickou změnu sněhu a ledu přítomného na povrchu vozovky, přičemž dochází k jejich tání.
- zdrsňující (inertní) posypové materiály – to jsou látky, které mechanickým způsobem zvyšují součinitel tření zledovatělé, nebo ujeté sněhové vrstvy na povrchu vozovky. (*Melcher, 2001*)

Posyp dálnic a rychlostních komunikací se provádí zásadně chemickými rozmrazovacími materiály. K nejvíce používaným patří soli. Při teplotách mezi 0 a -8°C se v ČR používá chlorid sodný (NaCl, kuchyňská sůl). Při nižších teplotách se solný roztok míchá s chloridem vápenatým nebo hořečnatým a při teplotách pod -20°C není již účinek posypových solí dostačující.

Ostatní rozmrazovací látky jako alkoholy, glykoly, močovina, CMA (Kalcium Magnesium Acetate), KA (Kalium Acetate) apod. nejsou běžně rozšířeny. (*Cyhelská, 2009*)

## 4 MOŽNOSTI MINIMALIZACE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK

V praxi se převážně používají jednotlivě nebo v kombinaci následující objekty:

- Odlučovače lehkých kapalin.
- Dešťové usazovací nádrže (sedimentační nádrže).
- Vyrovnávací nádrže.
- Akumulační nádrže.
- Retenční filtrační nádrže.
- Jednouúčelové speciální objekty (např. rozdělovací objekty).

### 4.1 ODLUČOVAČE LEHKÝCH KAPALIN

Odlučovače lehkých kapalin slouží pro zachycení a odloučení volných lehkých kapalin ze znečištěných vod. Jedná se zejména o ropné látky, charakterizované ukazatelem  $C_{10}-C_{40}$ . Slouží k čištění odpadních vod z průmyslových provozů, mechanizačních středisek, odstavných a parkovacích ploch, zkrátka všude tam, kde dochází k úkapům lehkých kapalin nebo by mohlo dojít k jejich úniku do povrchových vod. (*Asio, spol. s.r.o., 2011*)

Technické parametry odlučovačů lehkých kapalin jsou stanoveny normami:

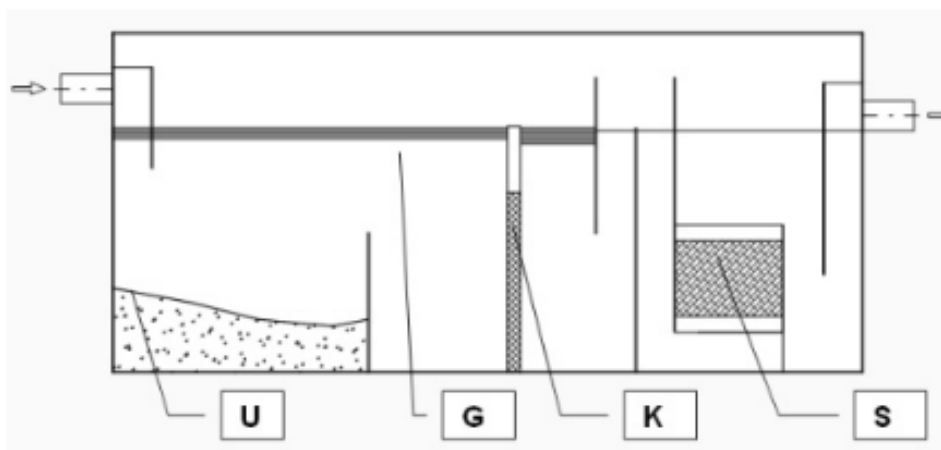
ČSN EN 858-1 (75 6510). Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) – Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označení a řízení jakosti,

ČSN EN 858-2 (75 6510). Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) – Část 2: Volba jmenovité světlosti, instalace, provoz a údržba.

Odloučení ropných látek je dvoustupňové, tj. nejdříve dojde ke gravitační separaci plovoucích materiálů na hladině a k sedimentaci těžších částic, a následně k dočištění takto předčištěné vody na speciálním koalescenčním případně i sorpčním filtru.

Voda natéká přívodním potrubím do usazovacího prostoru, kde je u nátoky osazena norná stěna. V tomto prostoru dochází k odstranění plovoucích a sedimentovatelných nečistot gravitačním způsobem. Následně takto upravená odpadní voda natéká přes horní část rozdělovací přepážky do druhého prostoru.

V druhém prostoru jsou osazeny koalescenční filtry. Při průtoku odpadní vody koalescenčním filtrem dochází ke shlukování ropných látek, které posléze vyplavou na hladinu a jsou z této hladiny odstraňovány sběrem. Pokud je osazen sorpční filtr dochází k účinnějšímu odstraňování vzplývavých a dispergovaných ropných látek. Sorpční hmota je vložena do polypropylenových košů, které jsou osazeny v nosném rámu odlučovače lehkých kapalin. (*Hydroclar, s.r.o., 2009*)



*Obr. 4.1 – Odlučovač lehkých kapalin s koalescenčním a sorpčním filtrem  
(Hydroclar, s.r.o., 2009)*

Legenda:

- U - usazování pevných částic – především písku a prachu
- G - gravitační odlučování lehkých kapalin
- K - koalescenční odlučování lehkých kapalin na koalescenčním filtru
- S - odlučování lehkých kapalin adsorpcí na materiálu sorpčního filtru

Odlučovače LK se kromě zabezpečení odpadních vod z technologických procesů, zpravidla používají na kanalizacích odvádějících srážkovou vodu ze zpevněných ploch s existující velkou pravděpodobností kontaminace ropnými látkami tj. z:

- parkovišť určených pro parkování nákladních a speciálních vozidel (např. zemědělských a stavebních strojů);
- parkovišť určených pro parkování havarovaných a poškozených vozidel;
- z velkokapacitních parkovišť osobních vozidel a to v případech, kdy je na kanalizaci umístěna odlehčovací komora a část odváděné vody tak v případě větších srážek odtéká přímo do toku. Odlučovač musí být osazen mezi parkovištěm a odlehčovací komorou. (Plotěný, 2004)

#### **4.1.1 Druhy odlučovače lehkých kapalin**

Odlučovače se dodávají v následujícím sortimentu:

- Odlučovače gravitační.
- Odlučovače gravitačně – koalescenční.
- Odlučovače gravitačně – koalescenční se sorpčním dočištěním.

### ***Odlučovače gravitační***

Gravitační metoda odstranění ropných uhlovodíků využívá nižší specifické hmotnosti těchto látek oproti vodě a jejich vesměs omezené rozpustnosti ve vodě. Za vhodných podmínek spočívajících ve snížení průtokové rychlosti vystupují látky lehčí než voda na hladinu, odkud mohou být odstraněny, přičemž vzestupnou rychlost kapky lze vypočítat ze Stokesova zákona. (*MM spektrum, 2001*)

Jedná se zpravidla o velmi jednoduché objekty stavebně a technicky upravené k oddělení a zachycení plovoucí olejové fáze. Systém sloužící k oddělení lehkých kapalin z vod odtékajících např. z pozemních komunikací musí být doplněn i záchytným prostorem pro sedimentující částice. Odlučovací prostory jsou většinou odděleny vhodně uspořádanými přepážkami. Pro správnou funkci je důležité především optimální uspořádání vnitřního prostoru odlučovače z hlediska předpokládaných průtoků, stanovení průtoků mezních a určení minimální doby zdržení. Odlučovače jsou funkční pouze pro oddělení volně rozptýlených olejových podílů, v případě obsahu olejových emulzí k zachycení olejového podílu nedojde. (*Krátký, Nekolný, 2009*)

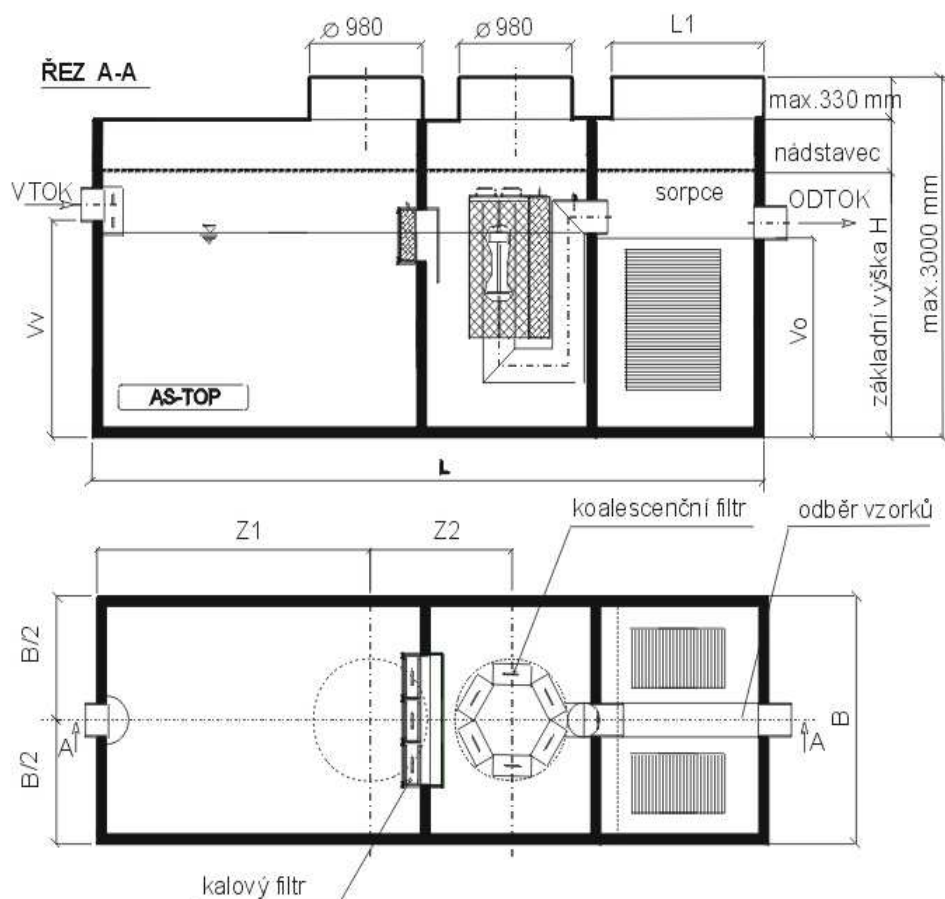
### ***Odlučovače gravitačně - koalescenční***

Zařízení je doplněno mechanickým stupněm schopným odloučit olejový podíl z nestabilní olejové emulze (mechanicky emulgované). K tomuto účelu slouží tzv. „koalescenční vložka“ zhotovená např. z vhodně tvarovaných lamel nebo textilních prvků. (*Krátký, Nekolný, 2009*)

### ***Odlučovače gravitačně – koalescenční se sorpčním dočištěním***

Zařízení obsahuje navíc tzv. „sorpční filtr“. Jedná se o koncový stupeň odlučovače s obsahem selektivního hydrofobního sorbentu, schopného pohltit gravitačně neoddělitelný olejový podíl. Odlučovač je schopen oddělit podobně jako odlučovače gravitačně – koalescenční olejový podíl z nestabilní olejové emulze (mechanicky emulgované). Stabilní olejovou emulzi vniklou např. použitím chemických emulgátorů odlučovač neoddělí, naopak po průchodu vody s obsahem stabilní chemicky vázané emulze se z odlučovače vyplatí dříve nasorbovaný olejový podíl. (*Krátký, Nekolný, 2009*)

Pro návrh sorpčního filtru je rozhodující filtrační rychlost, množství suspendovaných látek, délka filtračního cyklu a sorpční kapacita použitého sorbetu. Musí být konstruován tak, aby nasycený sorbent byl snadno vyměnitelný. Pro čištění srážkových povrchových vod se použití sorpčního filtru doporučuje s ohledem na jeho provozní náročnost (ekonomickou a ekologickou) pouze v odůvodněných případech. (*ČSN 75 6551, 2008*)



Obr. 4.2 – Odlučovač lehkých kapalin s koalescenčním a sorpčním filtrem  
(Asio spol. s.r.o., 2011)

### **Lamelový odlučovač lehkých kapalin**

Účinnost gravitačních odlučovačů se zvýší při vložení štěrbinových vložek šikmo uloženým deskám do odlučovacího prostoru nebo vložení lamelového bloku. Malé ropné kapky se při pomalém vertikálním vzestupu zachytí na stropní stěně lamely a splynou s již odloučenou ropnou látkou. Tato volná ropná látka se pak sune po šikmé stropní stěně lamely vzhůru a shromažďuje se na hladině. Zvýšeného efektu se dosahuje lamelovým uspořádáním, kde každá lamelová štěrbina funguje jako samostatný odlučovač o tenké vrstvě čištěné vody.

Ke konstrukci lamelových bloků se používá vhodného plastu, ocelového plechu atd. Aby toto čištění bylo účinné je nutné, aby čištěná voda byla přiváděna rovnoměrně, aby nedocházelo k turbulenci a aby čištěná voda odtékala rovnoměrně. (Dvořák a kol., 1982)

Podle průtoku čištěné vody lamelovým blokem rozeznáváme:

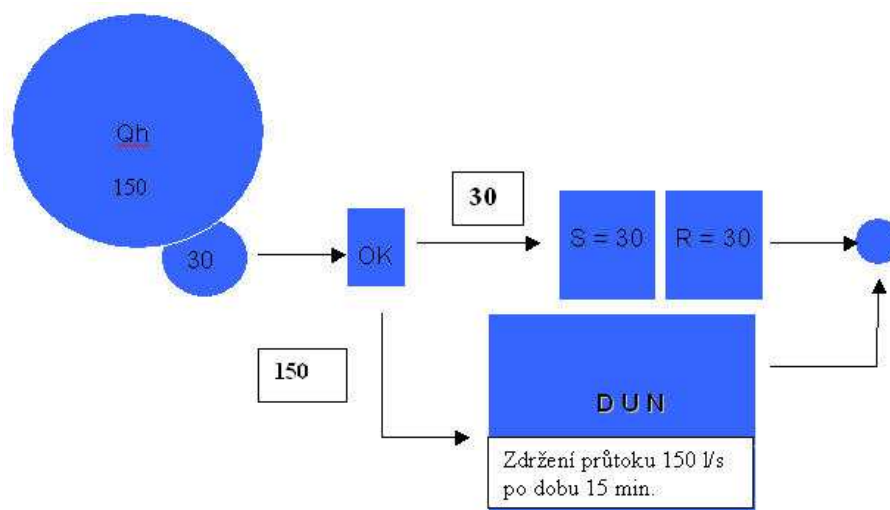
- vzestupné odlučovače;
- sestupné odlučovače;
- příčné odlučovače.

## 4.2 DEŠŤOVÁ USAZOVACÍ NÁDRŽ (SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽ)

Jedná se zpravidla o objekty osazené na koncových profilech systémů odvodnění např. pozemních komunikací s velkou plochou (např. ucelených úseků rychlostních pozemních komunikací, velkých parkovišť apod.). K základní funkci nádrže, tj. oddělení nerozpuštěných sedimentujících látek jsou obvykle přiřazeny i funkce další, tj. zachycení havarijních úniků závadných látek, akumulace vody, vyrovnávání průtoků a separace sedimentů. V případě multifunkční nádrže je velmi důležité navržení hydraulických podmínek, provoz a údržba objektu. Součástí těchto nádrží mohou být i odlučovače lehkých kapalin integrovaných přímo do technologie nádrže s funkcí separace drobných havarijních úniků převážně ropných produktů. (Krátký, Nekolný, 2009)

Toto řešení předpokládá, že veškerá voda odtékající z plochy je pro navrženou intenzitu mezního deště akumulována v nádrži s dobou zdržení zaručující zachycení případné havárie i v případě maximálního průtoků. Voda je pak postupně vypouštěna přes odlučovací zařízení, přičemž je logické, že samotný odlučovač se navrhuje na menší průtok než je odtok z plochy. Pro návrh DUN se využívá ustanovení normy ČSN 75 6261:2004 – „Dešťové nádrže“.

Praxe ukazuje, že ještě vhodnější uspořádání s využitím DUN je předřadit před nádrž odlehčovací komoru, která odvádí menší průtoky (až do předem stanovené hranice možného rizika) na odlučovací zařízení a větší průtoky potom odlehčuje do DUN. Tzn. že větší průtoky, které obtékají odlučovací zařízení, nejsou odváděny přímo do toku, ale přes retenční nádrž. Přednost tohoto řešení je v tom, že malé průtoky jdou do toku přes odlučovač. V případě havárie v bezdeštném období nebo při malém dešti se ropné látky zachytí v odlučovači, a proto je jejich likvidace jednodušší, a samozřejmě i ekonomičtější. (Pírek, 2007)



Obr. 4.3 – DUN s předřazenou odlehčovací komorou (Pírek, 2007)

### **4.3 JEDNOÚČELOVÉ SPECIÁLNÍ OBJEKTY (NAPŘ. ROZDĚLOVACÍ OBJEKTY)**

Vkládají se do systému oddílné dešťové kanalizace především z důvodu úpravy hydraulických poměrů. Rozdělovacích objektů se např. používá k oddělení malých průtoků nebo prvních oplachů z komunikačních ploch. Tyto povrchové vody jsou obvykle více znečištěny. (*Krátký, Nekolný, 2009*)

### **4.4 RETENČNÍ FILTRAČNÍ NÁDRŽ**

Nádrže se nejvíce uplatňují při potenciálně velmi znečištěných plochách a zvýšeném riziku technických poruch, např. při dotocích z dálnic. Filtrační jímky a retenční filtrační nádrže spojují účinek zadržení vody s určitou čistící schopností.

Retenční filtrační nádrž má smysluplné použití při plochách větších než 1ha pro předčištění srážkových vod z tendenčně více znečištěných ploch (např. při velkém riziku technických poruch - odtoky z dálnic). (*Mířková, 2009*)

Výhody:

- Optimální kontrola vsakovacích opatření.
- Dobré čistící schopnosti (olejové a ropné látky).
- Dobré zásobní možnosti vlivem vzduší.
- Filtrační nádrž může být velmi dobře začleněna do přírody.

Nevýhody:

- Při naplněné nádrži vzniká eventuelní nebezpečí pro hrající si děti - vyžaduje se oplocení.
- Žádné vsakování.

### **4.5 KOMBINACE OBJEKTŮ**

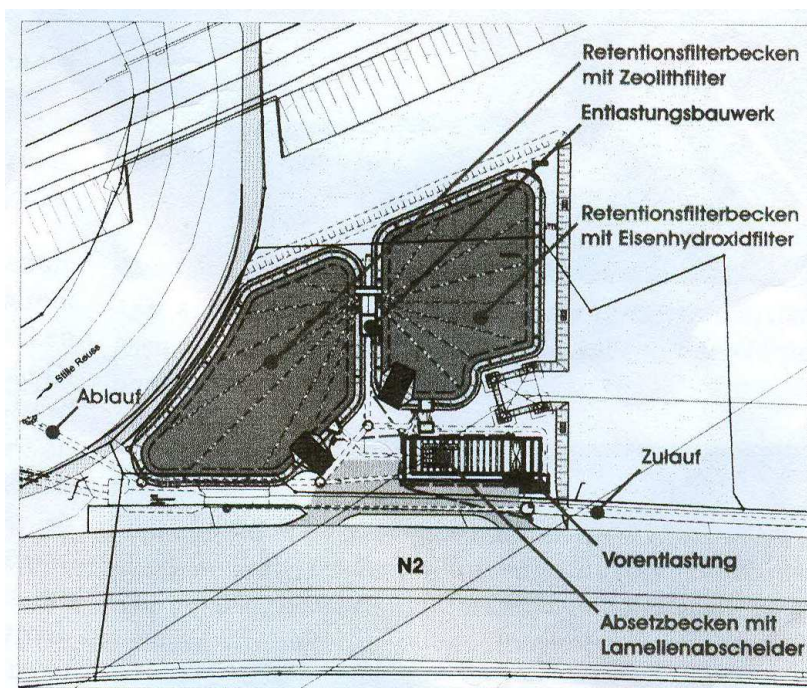
Pro zachycení uhlovodíků ze splachů a srážkových vod může být OLK navržen samostatně nebo v kombinaci s dešťovou usazovací nádrží, retenční filtrační nádrží, akumulací nádrží nebo zasakovacími průlehy s retenčním prostorem. U průmyslových odpadních vod opět samostatně nebo v kombinaci s dalšími stupni čištění buď na bázi fyzikálně-chemických procesů, např. koagulací, elektrokoagulací, flotací, sorpcí, adsorpcí, stripováním, membránovou separací a nebo biologickým čištěním.

#### **4.5.1 Lamelový odlučovač s usazovací a retenčně filtrační nádrží**

Tato kombinace zařízení je použita ve Švýcarsku v dálničního úseku Erstfeld – Amsteg.



Tří-stupňová kombinace lamelového odlučovače s usazovací a retenčně filtrační nádrží se skládá z oddělení částic a adsorpční vrstvy, která je realizována ve 2 krocích. Oddělení částic nastává jednak v lamelovém odlučovači a na druhé straně v pískové vrstvě. Rozpuštěné těžké kovy jsou zdržovány aktivní adsorpční vrstvou, která je vložena pod vrstvu písku. V usazovací nádrži se zadržují větší usaditelné částice ( $>20-30\mu\text{m}$ ), stejně jako olej a jiné plovoucí látky. Tím je následující retenční filtrační nádrž chráněna před častým zanášením. Druhá retenční filtrační nádrž, která se skládá z kombinované pískovo - a adsorpční vrstvy, která filtruje drobné částičky ( $<20\mu\text{m}$ ) z povrchových vod a adsorbují rozpuštěné látky. Retence v této nádrži, která vzniká díky filtračnímu odporu, redukuje hydraulické zatížení odtoků. Akumulace vody tak umožňuje úpravu většího množství vody. V obou retenčně filtračních částí nádrží je nastaveno vypouštění, které bude spuštěno u kompletně naplněné nádrže. V případě přetížení, je vypouštěná voda vyčištěná už jen díky činnosti sedimentace v lamelovém odlučovači. Odtok usazovací nádrže a retenčně filtrační nádrže je dálkově řízen automatickým uzavíratelným ventilem. (Herman, Dinger a kol, 2010)



Obr. 4.4 – Přehled rozmístění zařízení tří-stupňové kombinace

Překlad:

Zulauf – Přítok

Ablauf – Odtok

Entlastungsbauwerk – Odlehčovací objekt

Vorentlastung – Předvypouštění

Retentionsfilterbecken mit Zeolithfilter – Retenční filtrační nádrž se zeolitem

Absetzbecken mit Lamellenabscheider – Usazovací nádrž s lamelovým odlučovačem

Retentionsfilterbecken mit Eisenhydroxidfilter – Retenční filtrační nádrž s hydroxidem železitým



## 5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI ODLUČOVAČE LEHKÝCH KAPALIN

### 5.1 METODIKA

Metodika testování OLK vychází z normy ČSN EN 858-1 a rakouské normy ÖNORM B 5104.

Podle ČSN EN 858-1, kde se pro testování využívá neemulgovaného topného oleje, je hodnota koncentrace LTO (stanovená jako ukazatel  $C_{10}-C_{40}$ ) na výstupu z OLK pro třídu I. max. 5 mg/l, pro třídu II. max. 100 mg/l. Podle rakouské normy ÖNORM B 5104, ve které je popsáno použití směsi oleje a dalšího znečištění (viz. Zkušební tekutina), by neměla koncentrace uhlovodíků na výstupu z OLK přesáhnout 80 mg/l.

Porovnáváno je tak zároveň i chování dvou různých stavů oleje – neemulgovaného a emulgovaného navíc ve směsi s nerozpuštěnými látkami.

#### *Zkušební tekutina*

##### Testování proběhlo:

- se zkušební tekutinou (ČSN-EN 858-1).

Byla použita lehká kapalina - topný olej podle ISO 8217, s označením ISO-F-DMA, o objemové hmotnosti  $(0,85 \pm 0,015)$  g/cm<sup>3</sup> při teplotě 12°C.

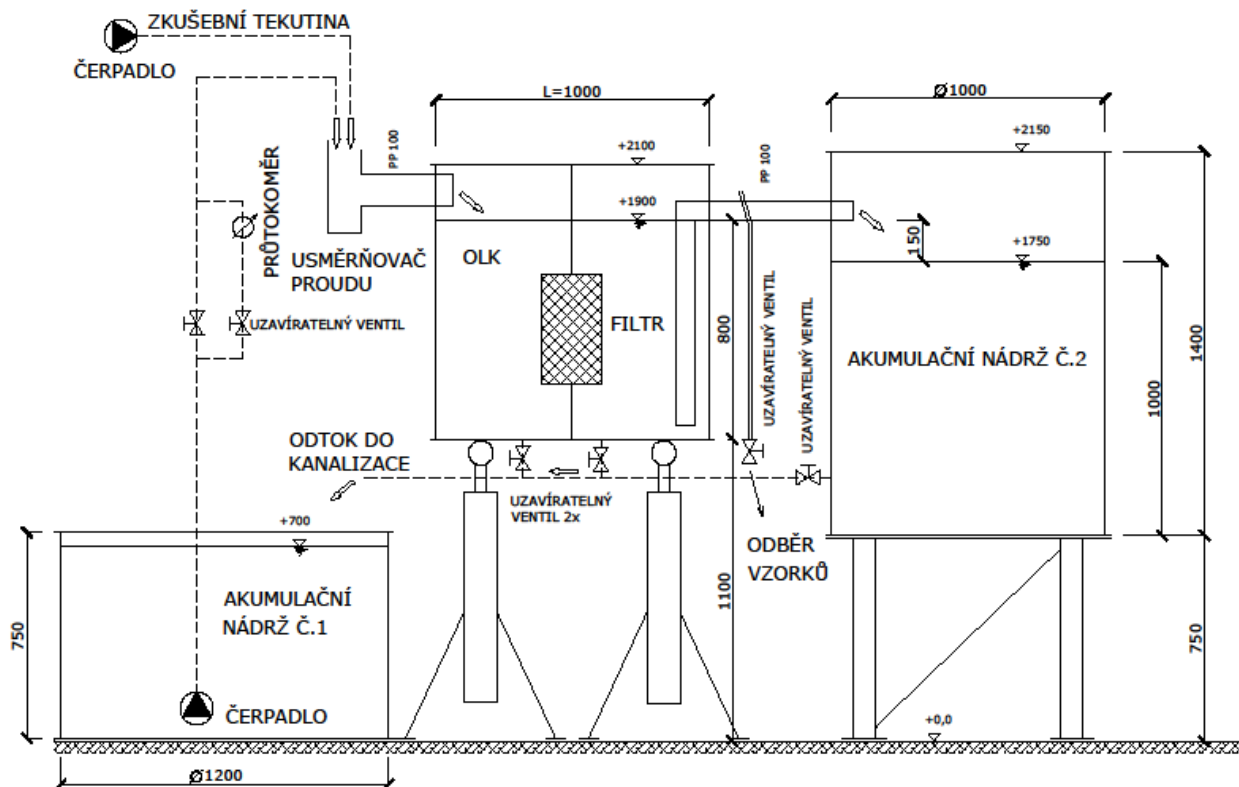
- se znečištěnou směsí (ÖNORM B1504).

Směs se skládala z lehkého topného oleje, motorového oleje 15W40, přípravku na studené mytí motorů ARVA, vápenec a kaolin.

#### *Zkušební zařízení*

V rámci testování bylo sestaveno modelové zařízení (viz. Obr. 5.1), které svou konstrukcí umožňovalo výměnu separačních vestaveb za účelem zjištění účinnosti OLK při konstantních nátokových podmínkách.

Zkušební zařízení se skládalo z akumulární nádrže č.1 s čerpadlem, přítokového potrubí do OLK s instalovaným průtokoměrem, usměrňovače proudu, OLK s různě měnitelnou vestavbou, odtokového potrubí s možností odběru vzorků a akumulární nádrže č.2 s vypouštěním.



Obr. 5.1 – Schéma zkušebního zařízení

### Druhy vestaveb

Pro měření byl použit odlučovač lehkých kapalin s prostou sedimentací a tyto druhy vestaveb:

- Lamely (se sklonem 60°).
- Voštiny (prostorová několikrát zalomená trubice, typ 2H).
- Koalescenční filtr (PUR pěna tl. 5 cm).
- Koalescenční filtr (PUR pěna tl. 15 cm).

### Stanovení obsahu uhlovodíků ve vzorcích

Vzorky byly analyzovány pomocí chromatografické metody (detektorem plynové chromatografie HP 5890 série II s FID, ČSN EN ISO 9377-2). Tato metoda je vhodná pro zjišťování obsahu lehkého topného oleje v případě, kdy je koncentrace LTO vyšší než 1 mg/l.

Provedení a vyhodnocení veškerých analytických stanovení zpracovala laboratoř Fakulty chemicko-technologické, Univerzita Pardubice.

## 5.2 PROVEDENÍ TESTŮ

Testování proběhlo v laboratoři Ústavu vodního hospodářství obcí, Vysoké učení technické v Brně.

Akumulační nádrž č. 1 byla napuštěna pitnou vodou. Z této nádrže byla voda čerpána do OLK. Na přívodním potrubí bylo umístěno obtokové potrubí s průtokoměrem. Průtok vody byl nastaven na 0,3 l/s (1080 l/h). Přítokové potrubí bylo vedeno do usměrňovače proudu, kam byla dávkována zkušební tekutina pomocí peristaltického čerpadla. V OLK docházelo k postupnému odloučení lehké kapaliny. Vyčištěná voda pak přepadala do odtokového potrubí a dále do akumulace č. 2. Z odtokového potrubí byly v časových intervalech (po 10 minutách, max. do 30 min. od spuštění testu) odebírány vzorky do připravených skleněných zábrusových lahví. Delší časový interval (nad 30 min.) nebyl předmětem této práce. Po ukončení každého měření byl OLK vypuštěn a pro další sérii měření byla vyměněna vestavba. Počet měření se odvíjel dle možností financování celého projektu.

### 5.2.1 Testování dle ČSN EN 858-1

Lehký topný olej byl dávkován do OLK pomocí peristaltického čerpadla v množství 90 ml/min, což odpovídá vstupnímu znečištění 5 ml/l (cca. 4250 mg/l). Čistý LTO byl dávkován do uklidňovacího válce takovým způsobem, aby nedocházelo k jeho emulgaci.

Testování dle ČSN EN 858-1 bylo provedeno ve dvou pokusech.

#### *Testování 1*

Koncentrace LTO na odtoku ze zkušebního zařízení jsou uvedeny v Tab. 5.1. Vzorky byly odebrány v 10 minutě do 1 litrových skleněných zábrusových lahví od celkového napuštění OLK vodou.

*Tab. 5.1 – Výsledky testování 1*

Označení vzorku	Druh vestavby	Koncentrace LTO na výstupu z OLK [mg/l]	Účinnost [%]
1	Prostá sedimentace	29,16	99,31
2	Lamely	4,05	99,90
3	Voštiny (2H)	5,7	99,86
4	PUR 15 cm	28,5	99,33
5	PUR 5 cm	12,5	99,70

Při této zkoušce byla ve všech odebraných vzorcích dosažena téměř 100 % účinnost OLK, jak u prosté sedimentace, tak i s vestavbami.

Bylo očekáváno, že nejlepší účinnost OLK bude dosažena použitím vestavby s koalescenčními filtry (PUR pěna). Při analýzách však byla zjištěna u této vestavby vyšší koncentrace LTO na výstupu z OLK, než například u vestavby z voštin. Tento jev byl pravděpodobně způsoben vymýváním organických látek (monomerů) během testovacího provozu OLK s tím, že větší tloušťka PUR pěny způsobila větší množství zbytkové lehké kapaliny ve vodě.

Pro zlepšení účinnosti testovacího zařízení byl při dalším měření filtr z PUR pěn před použitím proprán ve vodě.

### ***Testování 2***

Průběh zkoušení na OLK zůstal stejný, jen analýzy vzorků byly odebrány u jednotlivých vestaveb vždy v časovém limitu po 10, 20, 30 minutách od napuštění OLK vodou s příměsí LTO, aby byl lépe znázorněn průběh odloučení zkušební kapaliny v odlučovači. U prosté sedimentace byly z technických důvodů odebrány pouze dva vzorky. Všechny vzorky byly odebrány do 250 ml skleněných zábrusových lahví.



*Obr. 5.2 – OLK s voštinami a lamelami*

Tab. 5.2 – Výsledky testování 2

Označení vzorku	Čas [min]	Druh vestavby	Koncentrace LTO na výstupu z OLK [mg/l]	Účinnost [%]
1	10	Prostá sedimentace	63,8	98,49
2	20	Prostá sedimentace	9,9	99,76
3	10	Lamely	28,3	99,33
4	20	Lamely	< 1	99,99
5	30	Lamely	< 1	99,99
6	10	Voštiny (2H)	9,4	99,77
7	20	Voštiny (2H)	< 1	99,99
8	30	Voštiny (2H)	< 1	99,99
9	10	PUR 15 cm	22,4	99,47
10	20	PUR 15 cm	< 1	99,99
11	30	PUR 15 cm	< 1	99,99
12	10	PUR 5 cm	27,2	99,36
13	20	PUR 5 cm	< 1	99,99
14	30	PUR 5 cm	< 1	99,99

Na základě porovnání účinnosti jednotlivých vestaveb OLK lze konstatovat, že pokud je LTO v neemulgované formě, nezáleží na typu vestavby a OLK dosahuje odtokových koncentrací nižších než 1 mg/l při dosahované účinnosti téměř 100 %. Nejnižší účinnosti dosahoval odlučovač bez vestavby s odtokovou koncentrací LTO nižší než 10 mg/l a účinností téměř 99,8 %.

Protože na základě těchto výsledků nebylo možné posoudit, která z vestaveb je nejúčinnější, byly provedeny testy se zkušební tekutinou, která byla namíchána podle rakouské normy s obsahem motorového oleje, mycího přípravku a nerozpuštěných látek.

## 5.2.2 Testování dle ÖNORM B1504

Voda se směsí zkušební tekutiny byla dávkována v množství 150-180 ml/min (cca. 3250 mg/l) peristaltickým čerpadlem. Směs byla po celou dobu zkoušky míchána hřídelovým míchadlem při cca. 230 ot/min. Opět byly provedeny dva testovací pokusy. Míchání směsi bylo spuštěno 5 minut před spuštěním testu.

### Testování 3

Směs znečištění byla namíchána podle rakouské normy, tj. směsi lehkého topného oleje, motorového oleje 15W40, přípravku na studené mytí motorů ARVA v poměru 2000:150:100, vápenec (110 g) a kaolin (110 g). Průtok směsi znečištění byl nastaven na 2,5 ml/s. Vzorky byly odebrány po 20 a 30 minutách od začátku zkoušení.

Tab. 5.3 – Výsledky testování 3

Označení vzorku	Čas [min]	Druh vestavby	Koncentrace uhlovodíků [mg/l]	Účinnost [%]
1	20	Prostá sedimentace	246	92,43
2	30	Prostá sedimentace	240	92,62
3	20	Lamely	149,3	95,41
4	30	Lamely	146,3	95,50
5	20	Voštiny (2H)	137,2	95,78
6	30	Voštiny (2H)	115	96,46
7	20	PUR 15 cm	106,2	96,73
8	30	PUR 15 cm	91,3	97,19
9	20	PUR 5 cm	140,7	95,67
10	30	PUR 5 cm	127	96,09

Na základě naměřených hodnot lze testované varianty OLK seřadit podle vzrůstající účinnosti separace uhlovodíků. Jako nejméně účinný se opět ukázal OLK bez instalované vestavby s účinností 92,5 % a odtokovou koncentrací LTO kolem 240 mg/l. Naopak nejvyšší účinnosti dosahoval koalescenční filtr z PUR pěny tloušťky 15 cm s účinností téměř 97 % a odtokovou koncentrací LTO nižší než 100 mg/l. Navíc lze předpokládat, že při běžném provozu OLK budou ustálené hodnoty pro všechny vestavby nižší, než byly námi naměřené hodnoty pouze po 30 minutách.

#### **Testování 4**

Průběh zkoušení na OLK zůstal stejný, ale směs byla míchána při vyšších otáčkách (270 ot/min). Analýzy vzorků byly opět odebrány u jednotlivých vestaveb vždy v časovém limitu po 20, 30 minutách od spuštění testu.

*Tab. 5.4 – Výsledky testování 4*

<b>Označení vzorku</b>	<b>Čas [min]</b>	<b>Druh vestavby</b>	<b>Koncentrace uhlovodíků [mg/l]</b>	<b>Účinnost [%]</b>
1	20	Prostá sedimentace	910,2	71,99
2	30	Prostá sedimentace	943,6	70,97
3	20	Lamely	496,4	84,73
4	30	Lamely	571,5	82,42
5	20	Voštiny (2H)	210,6	93,52
6	30	Voštiny (2H)	264,6	92,41
7	20	PUR 15 cm	360,4	88,91
8	30	PUR 15 cm	427,0	86,86
9	20	PUR 5 cm	528,9	83,73
10	30	PUR 5 cm	665,1	79,54

Jako nejméně účinný byl opět odlučovač bez instalované vestavby s účinností 71% a odtokovou koncentrací 943 mg/l. Naopak nejvyšší účinnost dosáhly voštiny s účinností 92% a odtokovou koncentrací 264 mg/l.

Při tomto testu byly dosaženy nižší hodnoty účinnosti než v předchozím testování. Mohlo to být způsobeno postupnou emulgací vstupního znečištění, způsobené většími otáčkami míchadla nebo i postupným zanášením modelu nerozpuštěnými látkami anorganického původu.

## **6 VÝZNAM DISERTAČNÍ PRÁCE PRO PRAXI A ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU**

Tato práce vznikla v rámci řešení projektu TA01020730 „Separace uhlovodíků z vod a sledování jejich kvality“, řešeného s finanční podporou TA ČR.

Zařízení OLK obecně slouží pro odloučení veškerých druhů kontaminace vod ropnými látkami. V konstrukci OLK jsou pak rozdíly vzhledem k účelu, pro který je navrhován. Zda se jedná o separaci znečištění vod průmyslového charakteru s obsahem ropných látek v řádu stovek mg/l i více nebo o separaci kontaminovaných srážkových vod z odvodňovaných manipulačních ploch nebo parkovišť s obsahem ropných látek v řádu do několika mg/l. Metodiky testování i následného srovnávání účinnosti jsou pak rozdílné.

Provádění testů pro tuto disertační práci bylo zásadní především v tom, že byla řešena efektivnost mechanického předčištění kontaminovaných vod s pozitivním dopadem na nutnost, způsob a celkovou efektivnost případných následných komplexních řešení. Tato práce je přínosná zejména pro projektanty a provozovatele zařízení OLK vzhledem k rozšíření informací z problematiky řešení čištění vod s obsahem ropných látek.

Testování mechanického OLK bude pokračovat i v další etapě řešení projektu, kdy budou srovnávány účinnosti membránových separací s konvenčními technologiemi. Zároveň bude OLK vyhodnocován jako možná předúprava nátoky na membránovou separaci, která primárně nevyžaduje dávkování chemikálií a její provozní náklady jsou minimální. Je však omezena pro separaci emulgovaných a rozpuštěných látek.

Z hlediska dalšího vývoje testování použití mechanického odlučovače s vestavbami, by bylo vhodné testovat směs podle ÖNORM B 5104 bez emulgátoru, tj. zjistit, jak se chová směs jílu a ropných látek, případně přímo modelovat reálné podmínky z praxe. Dále odebrat vzorky nerozpuštěných látek z různých ploch (co do intenzity provozu i typu povrchu), zjistit doby potřebné k jejich usazení a zároveň i to, jak se budou snižovat s úbytkem nerozpuštěných látek i koncentrace uhlovodíků. Popsaná měření by sloužila k individuálnímu navrhování zařízení, u kterého by následně bylo možné určitým způsobem garantovat např. maximální hodnoty koncentrací na odtoku, případně k návrhu doplnění další technologie, která by zajistila dosažení požadovaných limitů (např. sorpční kolony nebo membránové separace).



## 7 ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na testování možnosti zvýšení účinnosti odstranění lehkých kapalin v OLK pomocí instalace různých typů vestaveb. Byly porovnány analýzy vzorků zkušebních tekutin v odlučovači s prostou sedimentací a s použitím testovaných vestaveb (lamely, voštiny, PUR pěny).

Výsledky testů jednoznačně potvrdily zvýšení účinnosti OLK instalací vestaveb, zejména u vestavby z PUR pěny, u které se uplatní koalescenční efekt. PUR pěny s malými póry a delší dobou zdržení kapaliny v koalescenčním prostředí vykazovaly vyšší účinnost čištění, než lamelová a voštinová vestavba s většími průlinami.

Provedené testy s první zkušební tekutinou lehkou kapalinou-topný olej (ČSN EN 858-1) naznačily, že tato zařízení s vestavbami s vysokou pravděpodobností zabezpečí hodnoty požadované předpisy ČR a EU. V případě zpřísnění legislativních požadavků na výstupní hodnoty povrchových vod se zbytkovým obsahem lehkých kapalin charakterizovaných ukazatelem  $C_{10}-C_{40}$ , bude nutné hledat další cesty zvýšení účinnosti OLK, například doplněním o další čistící stupeň.

Testy s použitím druhé zkušební tekutiny - znečištěnou směsí (ÖNORM B 5104) potvrdily, že odstranění lehkých kapalin v případě obsahu suspenze jílovitých částic v testované kapalině je spojeno i s odstraněním těchto látek. Výsledný separační efekt je lepší tam, kde se více uplatní koalescenční efekt a logicky i tam, kde se bude prodlužovat doba zdržení. Ovšem otázkou pak je, jak rychle bude probíhat kolmatace koalescenční vestavby. Vyšší čistící efekt bude pravděpodobně spojen také s vyššími nároky na údržbu. Zmenšování objemů a zjednodušování vestaveb v současné praxi tedy logicky musí vést ke snižování účinnosti separace a tím i ke zvyšování znečištění recipientů.

Srovnání postupů podle obou norem, tj. postupu s použitím čistého oleje a s použitím znečištěného a emulgovaného oleje ukázalo, že postup podle ČSN EN 858-1 na jedné straně reflektuje účinnost zařízení na odlučování lehkých kapalin, na druhé straně však nelze z tohoto testu odvozovat účinnost zařízení OLK na konkrétní lokalitě. Emulgate, koncentrace, charakter nerozpuštěných látek a sorpce lehkých kapalin na nerozpuštěné látky bude na každé lokalitě jiná. Z experimentů také vyplývá, že v extrémním případě (viz např. simulace podle ÖNORM B 5104, která se používá pro myčky aut) se koncentrace lehkých kapalin na výstupu z OLK mohou pohybovat v desítkách miligramů na litr.

Pro reálné podmínky v praxi bude proto velice záležet na navržení takového typu OLK, který bude odpovídat daným podmínkám, zaručí splnění platné legislativy a zajistí jednoduchý a finančně nenáročný provoz.

## 8 SUMMARY

The subject of this thesis was to test the possibilities of increasing effectiveness of mechanical separator for light liquids by installing various types of constructions. Analyses of testing samples of fluids were compared in common separator and with use of testing constructions (segment, honeycomb core, PUR foam)

Tests results definitely showed increased effectiveness of light fluid separator (LFS) with testing constructions, especially with PUR foam, where coalescence effect applies. PUR foams with small pores and longer holding period of fluid in coalescence environment showed higher effectiveness then segment LFS and honeycomb core with bigger holes.

Performed tests with first test light fluid-heating oil (ČSN EN 858-1) indicate, that this equipment with constructions will with high probability ensure values required in regulations in Czech Republic and European Union. In case of tighten the legislative requirements on output values of surface water with remaining light fluids characterize by index  $C_{10}$ - $C_{40}$ , further possibilities of increase efficiency of LFS will have to be developed, etc. by installing another cleaning level.

Tests with use of second testing fluid – fouled mixture with suspension of clay particles (ÖNORM B 5104) confirmed, removal of light liquid fluids from mixture is connected with removing of contained particles. Result of separate effect is better with coalescence effect and also when holding time will be prolonged. Question is following: how fast will be colmatation of coalescence of construction. Higher cleaning effect will be probably connected with higher demand for maintenance. From experience volume reduction and simplifying of construction lead to decrease of efficiency of separation process and increasing pollution of recipients.

Comparison of methods according both norms, i.e. method with use of clean oil and method with use of polluted and emulged oil showed, that process acc. ČSN EN 858-1 reflects efficiency of light liquid separator but this test cannot state efficiency on particular locality. Emulgation, concentration, characterization of non-dissolved substances and sorption of light fluid to non-dissolved substances will be different in every location. Results show, that in extreme case (simulation acc. ÖNORM B 5104, used for car wash machines) the concentration of light liquid fluids can at output of LFS vary by 10 milligrams/liter.

For real conditions in praxis, design of LFS should be liable to given conditions, guarantee to fulfil valid legislation and ensure simple and cost-effective operation.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adamec, V., a kolektiv. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha : Grada Publishing, 2008. 176 s. ISBN 978-80-247-2156-9
- Pitter, P., Hydrochemie, Praha 1999, Vydavatelství VŠCHT, ISBN 80-7080-340-1
- Krejčí, V., a kolektiv. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*. Hlavínek, P.; Zeman, E.; 1 vyd., Brno, NOEL 2000, 2002. 562 s. ISBN 80-86020-39-8
- Cyhelská, E.; Kabelková, I. Solení vozovek z pohledu hospodaření s dešťovými vodami. In *Hospodaření s dešťovými vodami*. Brno 10. březen 2009. Edit. ARDEC s.r.o., s. 85-90.
- Dvořák, J; Erlebach, J; Ptáček, M a kol. *Čištění odpadních vod s obsahem ropných látek*. Praha, SNTL, 1982. 368 s.
- ČSN EN 858-1 (75 6510). *Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) – Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označení a řízení jakosti*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 48 p.
- ČSN EN 858-2 (75 6510). *Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) – Část 2: Volba jmenovité světlosti, instalace, provoz a údržba*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 24 p.
- ČSN 75 6551. *Odvádění a čištění odpadních vod s obsahem ropných látek*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 20 p.
- Nařízení vlády 61/2003 Sb.: O ukazatelích o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb. In: *Sbírka zákonů*. 2003, 24/2003.
- Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, Evropský parlament, Rada, 23. říjen 2000.
- ÖNORM B5104 - *Abwasserverhalten von Reinigungsmitteln ("Kaltreinigern" bzw. "Lösemittelreinigern") auf nicht wässriger Basis für Fahrzeug- und Motorenreinigung - Anforderungen, Prüfung, Normkennzeichnung*. Wien: Austrian Standards Institute, 2007. 11 p.
- Herman, E., Dinger, M., Steiner, M., Boller, M. Behandlung von hoch belastetem Straßenabwasser. In *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, leden 2010. [www.dwa.de/KA](http://www.dwa.de/KA)

- Fuchs, S., Mayer, I., Haller, B., Roth, H. Einsatz von Schrägklärern in der Regenwasserbehandlung. In *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, listopad 2010. [www.dwa.de/KA](http://www.dwa.de/KA)
- MM-Průmyslové spektrum, *Odstranění kontaminace s podzemních vod*. Praha, 2001, MM publishing, s.r.o., Trendy/ Ekologie, str. 40, [online] 2001. [cit. 2009-05-6]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/odstraneni-kontaminace-z-podzemnich-vod.html>
- Pavlíková, D.; Pavlík, M.; Matějů, L.; Balík, J. *Ekotoxikologie*. Praha: FAPPZ ČZU, 2007. 152 s. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. ISBN 978-80-213-1690-4
- Pírek, O., Uher, M.: Odlučovače lehkých kapalin jako havarijní zabezpečení ploch, In *Enwi web*, [online] 19.6.2007. [cit. 2009-12-14]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/voda/64612/odlucovace-lehkych-kapalin-jako-havarijni-zabezpeceni-ploch>
- Plotěný, K.: Návrh metodik pro vodoprávní řízení – Odlučovače lehkých kapalin. In *TZB-info*, [online] 2004. [cit. 2009-12-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1816-navrh-metodik-pro-vodopravni-rizeni-odlucovace-lehkych-kapalin>
- Asio spol. s.r.o., Odlučovače lehkých kapalin [online] © 2011-2013 [cit. 2013-01-14]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-top>
- Hydroclar s.r.o. [online] [cit. 2009-12-5]. Dostupné z: <http://www.hydroclar.cz/odlucovace-ropnych-latek/>
- Mířková, T., Retence dešťových vod II, In *TZB-info*, [online] 30.11.2009 [cit. 2010-01-21]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6089-retence-destovych-vod-ii>
- Beránková, D.; Brtníková, H.; Kupec, J.; Huzlík, J.; Jandová, V.: Srážkoodtokové poměry dálničních a rychlostních komunikací – informace o dílčích výsledcích grantového úkolu MDČR v roce 2005. Asio spol. s.r.o. In *Návaznosti 2008, Sborník. Brno 30.10.2008*, s. 129-135.
- Melcher, K., Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a zemích EU. In *Ekolist*, [online] 3.12.2001 [cit. 2009-10-26]. Dostupné z: [http://ekolist.cz/zprava.shtml?x=49570&cmd\[24\]=v-24](http://ekolist.cz/zprava.shtml?x=49570&cmd[24]=v-24)
- Krátký, M., Nekolný, B., Problematika srážkových vod po dopadu na pozemní komunikace. Útvar povrchových a podzemních vod. Povodí Vltavy. [online] [cit. 2010-1-19]. Dostupné z: [www.pvl.cz/](http://www.pvl.cz/)

## 10 PŘÍLOHY

### 10.1 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ

- Oprchalová, M., Škorvan, O., Mikulášek, P., Plotěný K., Porovnání účinnosti odlučovačů lehkých kapalin, In *Vodní hospodářství*, Praha, 2013, roč. 63, č.9, s. 304-307. ISSN 1211-0760.
- Škorvan, O., Plotěný, K., Hrabovská, M. Možnosti odstraňování uhlovodíků z průmyslových odpadních vod. In *43. Konferencia vodohospodárov v priemysle*. 1. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě, SvF, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, 2011, s. 165-172. ISBN 987-80-227-3590-2.
- Plotěný, K., Pírek, O., Hrabovská, M. Požadavky na předčištění srážkových vod. In *Městské vody 2011*. 1. Brno: ARDEC s.r.o., 2011, s. 191-198. ISBN 978-80-86020-73-0.
- Hrabovská, M. Možnosti minimalizace znečišťujících látek vlivem dopravy. In *JUNIORSTAV 2011*. 1. Brno: VUT v Brně, FAST, 2011, s. 252. ISBN 978-80-214-4232-0.
- Hrabovská, M. Znečištění dešťových vod silniční dopravou. In *Stavební svět*, Bruntál, 2011. [www.stavebnisvet.cz](http://www.stavebnisvet.cz)
- Hrabovská, M. Znečištění dešťových vod silniční dopravou. In *JUNIORSTAV 2010*. 1. Brno: VUT v Brně, FAST, 2010, s. 254. ISBN 978-80-214-4042-5.
- Hrabovská, M., Hlavínek, P. Znečištění srážkových vod z komunikací. In *Současná problematika vodního hospodářství měst a obcí*. 1. Brno: VUT v Brně, FAST ÚVHO, 2009, s. 11-14. ISBN 978-80-214-3862-0.
- Hrabovská, M., Hlavínek, P. Problematika nakládání s dešťovými vodami z komunikací. In *Vodní hospodářství, Čistírenské listy*, Praha, 2009, roč. 59, č.9, s. 7-7. ISSN 1211-0760.
- Hrabovská, M., Hlavínek, P., Plotěný, P. Kvalita dešťových vod odtékajících z komunikací a dopravních ploch. In *Optimalizace návrhu a provozu stokových sítí a ČOV 2009*. 1. Brno: ARDEC s.r.o., 2009. s. 293-296. ISBN 978-80-86020-64-8.
- Hrabovská, M. Studie odkanalizování obce Janová, okres Vsetín. In *JUNIORSTAV 2008*, 1., Brno: VUT v Brně, FAST, 2008. s. 252-252. ISBN 978-80-86433-45-5.

## 10.2 ŽIVOTOPIS

### *Osobní údaje:*

Jméno, příjmení, titul: Marie Oprchalová, Ing.  
Datum narození: 9. 8. 1983  
Adresa: Kšírova 220, 619 00 Brno  
Kontaktní telefon: +420 739 705 503  
E-mail: m.oprchalova@seznam.cz

### *Vzdělání:*

2007 – dosud Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí – doktorské studium, obor Vodní hospodářství a vodní stavby  
2002 – 2007 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební – magisterské studium, obor vodní hospodářství a vodní stavby  
1998 – 2002 Střední průmyslová škola stavební ve Valašském Meziříčí, obor Technická zařízení budov

### *Dovednosti:*

- AutoCAD 2010 a nižší, WinPlan, EPANET – uživatelsky
- MS Windows 7 a nižší, MS Office 2010 a nižší – uživatelsky

### *Jazykové znalosti:*

- Němčina – mírně pokročilý
- Angličtina – mírně pokročilý

## **11 ABSTRACT**

Transportation has unfavorably influence on a quality of enviroment. Increase of traffic leads to construction of new motorways and to intensify the traffic on current communications. A consequence is more polluted hard surfaces, when surface-wash contaminate soil, surface water and underground water. Devices for treating contaminated water, such as oil-separators, are very actual in these days.

The subject of this thesis was to test the possibilities of increasing effectiveness of mechanical separator for light liquids by installing various types of constructions. Target was to determine effectiveness of this conventional technology, which is energetically and technically simple and find out applicability for first step cleaning and further usage.

